

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号
特開2000-278895
(P2000-278895A)

(43)公開日 平成12年10月6日(2000.10.6)

(51)Int.Cl.⁷
H 0 2 K 1/27

識別記号
5 0 1

F I
H 0 2 K 1/27

テ-マ-ト*(参考)
5 0 1 A 5 H 6 2 2
5 0 1 M

審査請求 未請求 請求項の数11 O L (全 8 頁)

(21)出願番号 特願平11-84796

(22)出願日 平成11年3月26日(1999.3.26)

(71)出願人 000003997
日産自動車株式会社
神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地
(72)発明者 木村 真秀
神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産
自動車株式会社内
(72)発明者 大木 俊治
神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産
自動車株式会社内
(74)代理人 100072349
弁理士 八田 幹雄 (外3名)

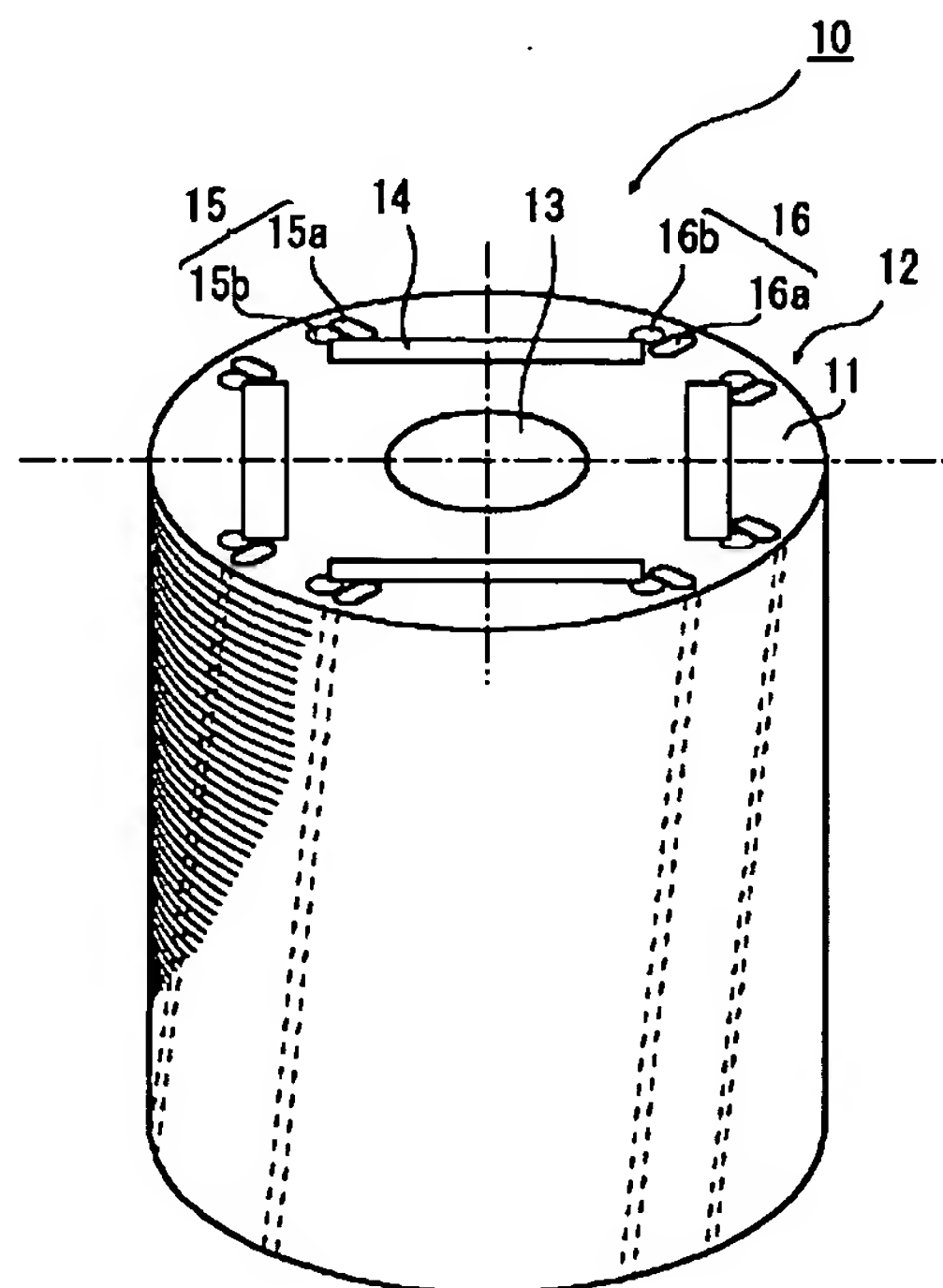
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 電動機のロータ

(57)【要約】

【課題】 工数が少なく製作が容易で安価であり、かつ、コギングトルクや音振を低減できる電動機のロータを提供する。

【解決手段】 フラックスバリア14, 15(特に14a, 15a)の位置を軸方向に対して連続的または段階的に変化させる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 コア単体を軸方向に積層して形成されたロータコアの内部に永久磁石を配置し、該永久磁石の周方向外側に磁束遮断部を設けてなる電動機のロータにおいて、

前記磁束遮断部の位置が、軸方向に対して連続的に変化していることを特徴とする電動機のロータ。

【請求項2】 前記磁束遮断部の位置は、軸方向に対して前記ロータコアの一端面から反対側の端面に向かって一方向に連続的に変化していることを特徴とする請求項1記載の電動機のロータ。

【請求項3】 前記磁束遮断部の位置は、軸方向に対して前記ロータコアの軸方向の中心位置より前記ロータコアの両端面に向かって対称に連続的に変化していることを特徴とする請求項1記載の電動機のロータ。

【請求項4】 コア単体を軸方向に積層して形成されたロータコアの内部に永久磁石を配置し、該永久磁石の周方向外側に磁束遮断部を設けてなる電動機のロータにおいて、

前記磁束遮断部の位置が、軸方向に対して段階的に変化していることを特徴とする電動機のロータ。

【請求項5】 前記磁束遮断部の位置は、軸方向に対して前記ロータコアの一端面から反対側の端面に向かって一方向に段階的に変化していることを特徴とする請求項4記載の電動機のロータ。

【請求項6】 前記磁束遮断部の位置は、軸方向に対して段階的に繰り返し変化していることを特徴とする請求項1記載の電動機のロータ。

【請求項7】 前記磁束遮断部の位置は、周方向に変化していることを特徴とする請求項1または4記載の電動機のロータ。

【請求項8】 前記磁束遮断部の位置は、前記永久磁石の幅方向に平行移動していることを特徴とする請求項1または4記載の電動機のロータ。

【請求項9】 前記永久磁石は、板状の磁石であることを特徴とする請求項7または8記載の電動機のロータ。

【請求項10】 前記磁束遮断部は、貫通穴であることを特徴とする請求項7または8記載の電動機のロータ。

【請求項11】 前記永久磁石は、扇板状の磁石であり、前記コア単体は、周方向の長さが前記扇板状の磁石よりも長い弧状の磁石挿入穴を有し、前記磁束遮断部は、前記コア単体を前記磁石挿入穴の位置を周方向に変化させながら積層した後前記磁石挿入穴に前記永久磁石を挿入した時に出来る隙間であることを特徴とする請求項1または4記載の電動機のロータ。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、ロータ内に永久磁石を埋め込んだ電動機のロータの構造に関し、特に、いわゆるフラックスバリアにスキュー（傾き）を設けるこ

とによりコギングトルクの低減などを図ったものである。

【0002】

【従来の技術】磁石型同期モータ（電動機）として、ロータ内に永久磁石を埋め込んだIPMモータ（埋込み磁石型モータ）がある。このモータは、高効率、小型化可能、高回転化可能という特徴を有するため、電気自動車などに適したモータとして、現在広く採用されている。

【0003】ところが、このような永久磁石を用いたモータにおいては、鉄心によるリラクタンス変化に伴ってステータとロータの間の吸引力が変動し、この変動によってコギングトルクまたはトルクリプルなどと呼ばれる角速度変化を伴う周期的なトルク変動（以下、ここではコギングトルクと呼ぶ）が発生する。このコギングトルクは回転の円滑を損ない、振動や異音の発生の原因ともなるので、小さく抑えることが望まれる。

【0004】そのため、従来より、コギングトルク低減のための工夫がいろいろなされている。マグネットロータの磁極（永久磁石）にスキュー（傾き）を設けるのもその一つである（例えば、特開昭63-140645号公報）。また、永久磁石の着磁方向を斜めにして、ロータにスキュー効果をもたらすものも開示されている（特開平5-168181号）。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、マグネットロータの磁極にスキューを設ける方法にあつては、例えば、積層されたロータコアを永久磁石とともに積層方向に分割し、これら分割されたロータコアに永久磁石を挿入した後、一定角度ずつ階段状にずらせて軸に取り付ける必要があるため、作業工数が増大し、製作する手間と時間が増加し、コストアップにつながるという問題がある。また、永久磁石の着磁方向を斜めにしてスキュー効果を持たせる方法にあつても、着磁方向を斜めにするための特別の工程を必要とし、同じく製作に手間と時間を要するという問題がある。

【0006】本発明は、このような従来技術の問題点に鑑みてなされたものであり、作業工数が少なく製作が容易で安価であり、かつ、コギングトルクや音振を低減することができる電動機のロータを提供することを目的とする。

【0007】

【課題を解決するための手段】本発明の上記目的は、下記的手段によって達成される。

【0008】（1）本発明に係る電動機のロータは、コア単体を軸方向に積層して形成されたロータコアの内部に永久磁石を配置し、該永久磁石の周方向外側に磁束遮断部を設けてなる電動機のロータにおいて、前記磁束遮断部の位置が、軸方向に対して連続的に変化していることを特徴とする。

【0009】（2）前記磁束遮断部の位置は、軸方向に

対して前記ロータコアの一端面から反対側の端面に向かって一方向に連続的に変化している。

【0010】(3) 前記磁束遮断部の位置は、軸方向に対して前記ロータコアの軸方向の中心位置より前記ロータコアの両端面に向かって対称に連続的に変化している。

【0011】(4) 本発明に係る他の電動機のロータは、コア単体を軸方向に積層して形成されたロータコアの内部に永久磁石を配置し、該永久磁石の周方向外側に磁束遮断部を設けてなる電動機のロータにおいて、前記磁束遮断部の位置が、軸方向に対して段階的に変化していることを特徴とする。

【0012】(5) 前記磁束遮断部の位置は、軸方向に対して前記ロータコアの一端面から反対側の端面に向かって一方向に段階的に変化している。

【0013】(6) 前記磁束遮断部の位置は、軸方向に対して段階的に繰り返し変化している。

【0014】(7) 前記磁束遮断部の位置は、周方向に変化している。

【0015】(8) 前記磁束遮断部の位置は、前記永久磁石の幅方向に平行移動している。

【0016】(9) 前記永久磁石は、板状の磁石である。

【0017】(10) 前記磁束遮断部は、貫通穴である。

【0018】(11) 前記永久磁石は、扇板状の磁石であり、前記コア単体は、周方向の長さが前記扇板状の磁石よりも長い弧状の磁石挿入穴を有し、前記磁束遮断部は、前記コア単体を前記磁石挿入穴の位置を周方向に変化させながら積層した後前記磁石挿入穴に前記永久磁石を挿入した時に出来る隙間である。

【0019】

【発明の効果】本発明によれば、磁束遮断部の位置がコア単体を積層する軸方向に対して連続的または段階的に変化するようにして磁束遮断部を軸方向に対して斜めに形成したので、永久磁石による磁束が軸方向に対して斜めになり、従来のように永久磁石自体を斜めに配置したりまたは磁石の着磁方向を斜めにすることなく、スキューを設けることができ、コギングトルクや音振の低減が図られる。また、磁束遮断部の位置を変化させること以外の作業については通常のもので足りるため、従来に比べて作業工数が少なく、製作も容易であり、安価である。

【0020】特に、ロータコアの軸方向の中心位置よりロータコアの両端面に向かって対称に連続的に磁束遮断部の位置が変化している場合には、磁束遮断部がロータコアの軸方向の中心位置に対して対称であるため、軸方向に作用するスラスト荷重が発生しない。

【0021】また、磁束遮断部の位置が軸方向に対して段階的に繰り返し変化している場合には、軸方向に作用

するスラスト荷重が低減される。

【0022】さらに、永久磁石として板状または扇板状の磁石を使えるため、この点からも製作が容易で、安価である。

【0023】また、磁束遮断部が貫通穴または磁石挿入穴の一部である場合には、打抜き用の所定の型を用意するだけで足り、作業が簡単である。

【0024】

【発明の実施の形態】以下、図面を使って、本発明の実施の形態を説明する。

【0025】(実施形態1) 図1は、本発明の電動機のロータの一例を示す斜視図である。

【0026】この電動機は、ロータ10内に4個の永久磁石を埋め込んだ4極(2極対)のIPMモータ(埋込み磁石型モータ)である。このロータ10は、薄い(例えば、0.5mm厚)円形のけい素鋼板(コア単体)11を複数枚軸方向に積層して形成されたロータコア12と、該ロータコア12の中心にあるシャフト穴13に圧入されたモータシャフト(図示せず)と、ロータコア12の外周部の円周方向に等間隔に配置された4個の永久磁石14とからなる。永久磁石14は、製作が容易で安価な通常の板状磁石を使用する。

【0027】また、各永久磁石14の周方向外側のロータコア外周部には、磁束を通さない1対のフラックスバリア(磁束遮断部)15、16が設けられている。ここでは、各フラックスバリア15、16は、略径方向の位置可変(後述するように、バリア位置が周方向に変化する)の第1バリア部15a、16aと、永久磁石14の周方向端面に隣接する位置固定の第2バリア部15b、16bとからなっている。第2バリア部15b、16bは、永久磁石14と同様、けい素鋼板11を積層する軸方向に対して平行に伸長しているが、第1バリア部15a、16aの位置は、軸方向に対してロータコア12の一端面から反対側の端面に向かって一方向に連続的に変化している。なお、フラックスバリア15、16は貫通穴であり、後述するように、特に第2バリア部15b、16bの貫通穴は、永久磁石14を挿入する磁石挿入穴17と一体的に共通の型で打ち抜かれ、ロータコア12の長手方向(つまり、積層方向または軸方向)に貫通している。

【0028】図2は、フラックスバリア15、16の形状を工程別に示す図面である。ここで、同図(A)は基本型抜き形状、同図(B)はバリア型抜き形状、同図(C)は対応する磁石形状をそれぞれ示している。

【0029】本実施形態では、フラックスバリア15、16(特に第1バリア部15a、16a)の位置が、周方向に変化しながら、軸方向に対してロータコア12の一端面から反対側の端面に向かって一方向に連続的に変化している。

【0030】この場合、まず、基本型抜き形状は、図2

(A)に示すように、矩形の磁石挿入穴17と、該磁石挿入穴17の周方向端面に隣接する第2バリア部(貫通穴)15b、16bとを一つの共通の型で一体的に打ち抜いて形成される。この基本型抜き形状は、積層する全枚数分のけい素鋼板11について共通に同一の態様で実現される。なお、作業の効率化を図るためには、4個の型を所定の位置に配置して1枚ごとにまたは複数枚まとめて1回の打抜き作業で済むようにするのが好ましい。

【0031】次に、バリア型抜き形状は、図2(B)に示すように、略径方向の第1バリア部(貫通穴)15a、16aを一つの型で打ち抜いて形成される。このとき、積層する1枚のけい素鋼板11ごとにバリア位置が周方向(この例では、A方向)に変化するよう、けい素鋼板11か型のどちらか一方を回転させて相対的に1枚ごとに一定角度ずつA方向にずらしながら、全枚数(N枚)分のけい素鋼板11、つまり、ロータコア12の一端面のけい素鋼板11-1から他端面のけい素鋼板11-Nまでを打ち抜いていく。このとき、1枚ずつ回転させる前記一定角度は、好ましくは、最終的にロータコア12の一端面(けい素鋼板11-1)から他端面(けい素鋼板11-N)までの間にステータ(図示せず)の1スロット分だけずれるような角度に設定されている。これにより、第1バリア部15a、16aの位置は、周方向に変化しながら、軸方向に対してロータコア12の一端面から反対側の端面に向かって一方向に連続的に変化することになり、図1中に破線で示すようなフラックスバリア15、16(特に第1バリア部15a、16a)のスキューが形成される。なお、この場合にも、作業の効率化を図るため、8(=2×4)個の型を所定の位置に配置して1枚ごとに1回の打抜き作業で済むようにするのが好ましい。

【0032】このとき、永久磁石14は、図2(C)に示すように、製作が容易で安価な通常の板状磁石を使用することができる。

【0033】一方、図示しないが、ロータ10の周囲にはステータが配置され、該ステータにはロータ10と対向させて複数のティースが形成され、各ティース間にはスロットが形成されている。スロットにはコイルが挿入されている。このようにしてステータに巻装されたコイルに電流を流すことによって回転磁界が発生し、この回転磁界によってステータとロータ10との間に反発力と吸引力が発生して、ロータ10が回転する。このとき発生するトルクは、ステータコイルとロータ10の永久磁石12とが反発、吸引することによるマグネットトルクと、ステータコイルがロータ10の鉄(ロータコア11)を引き付けることによって発生するリラクタンストルクとからなる。

【0034】なお、ロータコアの積層方法、換言すれば、フラックスバリアに対するスキューの設け方は、図1の態様に限定されるわけではなく、その他いろいろな

態様が考えられる。図3には、例として、さらに三つの態様を示している。なお、ここでは、フラックスバリアの形状は図1および図2に示すものと同一とする。また、共通する部材には同一の符号を付している。

【0035】(実施形態2)図3(A)のロータ10aでは、フラックスバリア15、16(特に第1バリア部15a、16a)の位置が、周方向に変化しながら、軸方向に対してロータコア12aの一端面から反対側の端面に向かって一方向に段階的に変化している。ここでは、例えば、ステータ(図示せず)の1スロット分だけ2段階にずれている。段階の境界位置は、好ましくは、ロータコア12aの軸方向の中心位置Mである。この場合のバリア型抜き形状は、段階が変わるごとに一定角度ずつA方向にずらしながら、積層する全枚数分のけい素鋼板11を打ち抜いていく(図2参照)。これにより、積層されたロータコア12aに同図中に破線で示すようなスキューが形成される。なお、このロータコア積層方法の場合、変化する段階数は3段階以上であっても良い。

【0036】(実施形態3)図3(B)のロータ10bでは、フラックスバリア15、16(特に第1バリア部15a、16a)の位置が、周方向に変化しながら、軸方向に対してロータコア12bの軸方向の中心位置Mよりロータコア12bの両端面に向かって対称に連続的に変化している。ここでも、好ましくは、軸方向に対するずれ量は、ステータ(図示せず)の1スロット分である。この場合のバリア型抜き形状は、中心位置Mまでは1枚ごとに一定角度ずつA方向にずらしながら、また、中心位置Mを過ぎてからは1枚ごとに一定角度ずつ逆のB方向にずらしながら、積層する全枚数分のけい素鋼板11を打ち抜いていく(図2参照)。これにより、積層されたロータコア12bに同図中に破線で示すようなスキューが形成される。

【0037】このような積層方法(スキュー方法)を採用した場合には、特に、フラックスバリア15、16(第1バリア部15a、16a)がロータコア12bの軸方向の中心位置Mに対して対称であるため、軸方向に作用するスラスト荷重が発生しないという利点が得られる。

【0038】(実施形態4)図3(C)のロータ10cでは、フラックスバリア15、16(特に第1バリア部15a、16a)の位置が、周方向に変化しながら、軸方向に対して段階的に繰り返し変化している。ここでは、例えば、ステータ(図示せず)の1スロット分だけ2段階に2回繰り返し変化している。この場合のバリア型抜き形状は、繰返し単位ごとに、段階が変わるごとに一定角度ずつA方向にずらしながら、積層する全枚数分のけい素鋼板11を打ち抜いていく(図2参照)。これにより、積層されたロータコア12cに同図中に破線で示すようなスキューが形成される。なお、このロータコ

ア積層方法の場合、変化する段階数は3段階以上であっても良く、また、繰り返す回数は3回以上であっても良い。

【0039】このような積層方法（スキュー方法）を採用した場合には、特に、ロータ10cに対し軸方向に作用するスラスト荷重が低減するという利点がある。

【0040】（実施形態5）図4は、フラックスバリアの他の形状例を工程別に示す図面である。ここでも、図2と同様、同図（A）は基本型抜き形状、同図（B）はバリア型抜き形状、同図（C）は対応する磁石形状をそれぞれ示している。なお、図1～図3と共通する部材には同一の符号を付している。

【0041】本実施形態では、フラックスバリア25、26は、L字形の形状をしており、その位置が永久磁石14の幅方向に平行移動している。なお、図4（B）では、図1に示すロータコア積層方法（スキュー方法）を適用した場合を示しているが、これに限定されるわけではなく、図3（A）～（C）に示す方法も適用可能であることはもちろんである。

【0042】この場合、まず、基本型抜き形状は、図4（A）に示すように、矩形的磁石挿入穴27を一つの型で打ち抜いて形成される。この磁石挿入穴27は、図2（A）の磁石挿入穴17に相当するものである。この基本型抜き形状は、積層する全枚数分のけい素鋼板11aについて共通に同一の態様で実現される。なお、図2に示す場合と同様、作業の効率化を図るためには、4個の型を所定の位置に配置して1枚ごとにまたは複数枚まとめて1回の打抜き作業で済むようにするのが好ましい。

【0043】次に、バリア型抜き形状は、図4（B）に示すように、L字形のフラックスバリア25、26を一つの型で打ち抜いて形成される。このとき、バリア位置が永久磁石14に平行（この例では、C方向）に移動するよう、けい素鋼板11aか型のどちらか一方を平行移動させて相対的にずらしながら、積層する全枚数（N枚）分のけい素鋼板11a、つまり、ロータコアの一端面のけい素鋼板11a-1から他端面のけい素鋼板11a-Nまでを打ち抜いていく。なお、その際には、上記のように、この場合にも図1および図3（A）～（C）に示すような各種態様のロータコア積層方法（スキュー方法）が可能であるため、採用する態様に応じたバリア打抜き作業を実施することになる。

【0044】このときにも、永久磁石14は、図4（C）に示すように、製作が容易で安価な通常の板状磁石を使用することができる。

【0045】（実施形態6）図5は、フラックスバリアのさらに他の形状例を工程別に示す図面である。ここでも、図2および図4と同様、同図（A）は基本型抜き形状、同図（B）はバリア型抜き形状、同図（C）は対応する磁石形状をそれぞれ示している。なお、図1～図4と共通する部材には同一の符号を付している。

【0046】本実施形態では、磁石挿入穴を利用してフラックスバリアを形成し、磁石挿入穴の位置を変えることによってそのフラックスバリアにスキューを設けている。すなわち、永久磁石として、図5（C）に示すように、扇板状の磁石34を使用し、各けい素鋼板11bは、周方向の長さがその扇形磁石34よりも長い弧状の磁石挿入穴37を有している。フラックスバリアは、その磁石挿入穴37を有するけい素鋼板11bを磁石挿入穴37の位置を周方向に変化させながら積層した後、磁石挿入穴37に永久磁石34を挿入した時に出来る隙間である。したがって、フラックスバリアの型は、不要である。なお、挿入した永久磁石34の固定は、積層後、磁石挿入時に出来る前記隙間（フラックスバリアとして機能する）に所定の樹脂（例えば、耐熱性のあるエポキシ樹脂など）を充填してなされる。なお、図5（B）では、図1に示すロータコア積層方法（スキュー方法）を適用した場合を示しているが、これに限定されるわけではなく、もちろん、図3（A）～（C）に示す方法も適用可能である。

【0047】この場合、まず、基本型抜き形状は、図5（A）に示すように、周方向の長さが扇形磁石34よりも長い弧状の磁石挿入穴37を一つの型で打ち抜いて形成される。この基本型抜き形状は、積層する全枚数分のけい素鋼板11bについて共通に同一の態様で実現される。なお、図2および図4の場合と同様、作業の効率化を図るためには、4個の型を所定の位置に配置して1枚ごとにまたは複数枚まとめて1回の打抜き作業で済むようにするのが好ましい。

【0048】次に、図5（B）に示すように、磁石挿入穴37が形成された全枚数（N枚）分のけい素鋼板11bをロータコアの一端面のけい素鋼板11b-1から他端面のけい素鋼板11b-Nまで逐次（この例では、E方向に）回転させながら積層する。なお、その際には、上記のように、この場合にも図1および図3（A）～（C）に示すような各種態様のロータコア積層方法（スキュー方法）が可能であるため、採用する態様に応じた回転と積層作業を実施する。

【0049】このとき、上記のように、永久磁石34は、図4（C）に示すような扇板状磁石を使用することができ、製作が容易で安価である。

【0050】したがって、上記した各実施の形態によれば、フラックスバリア14、15（特に14a、15a）；25、26；35、36の位置が、軸方向に対して連続的または段階的に変化するようにして、これらフラックスバリアを軸方向に対して斜めに形成したので、永久磁石14、34による磁束が軸方向に対して斜めになり、従来のように永久磁石自体を斜めに配置したりまたは磁石の着磁方向を斜めにすることなく、スキューを設けることができ、コギングトルクや音振（振動や異音の発生）の低減が図られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の電動機のロータの一例を示す斜視図である。

【図2】 図1のフラックスバリアの形状を工程別に示す図面である。

【図3】 他のロータコア積層方法を示す図1に対応する斜視図である。

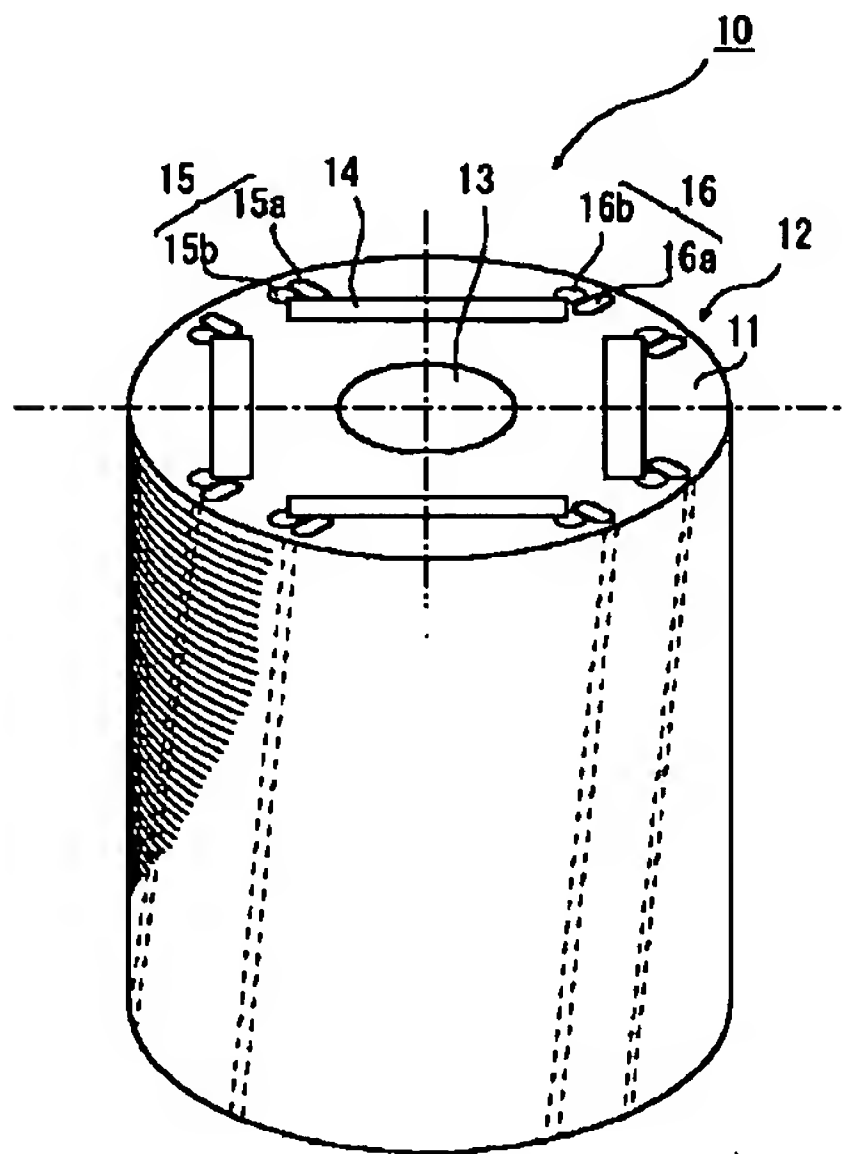
【図4】 フラックスバリアの他の形状例を工程別に示す図面である。

【図5】 フラックスバリアのさらに他の形状例を工程別に示す図面である。

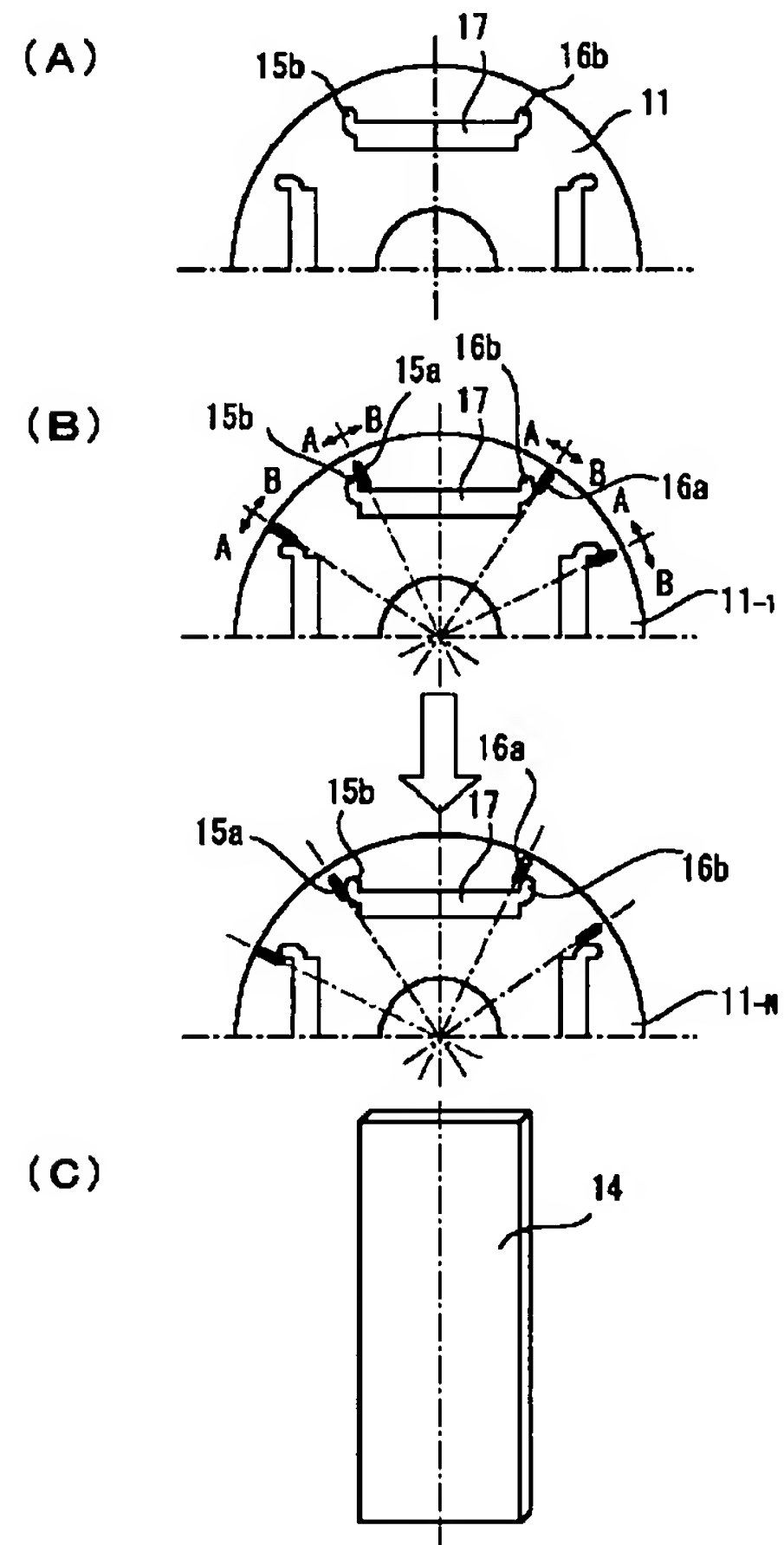
【符号の説明】

10, 10a, 10b, 10c…ロータ、
11, 11a, 11b…けい素鋼板（コア単体）
12, 12a, 12b, 12c…ロータコア、
14, 34…永久磁石、
15, 16, 25, 26, 35, 36…フラックスバリア（磁束遮断部）。

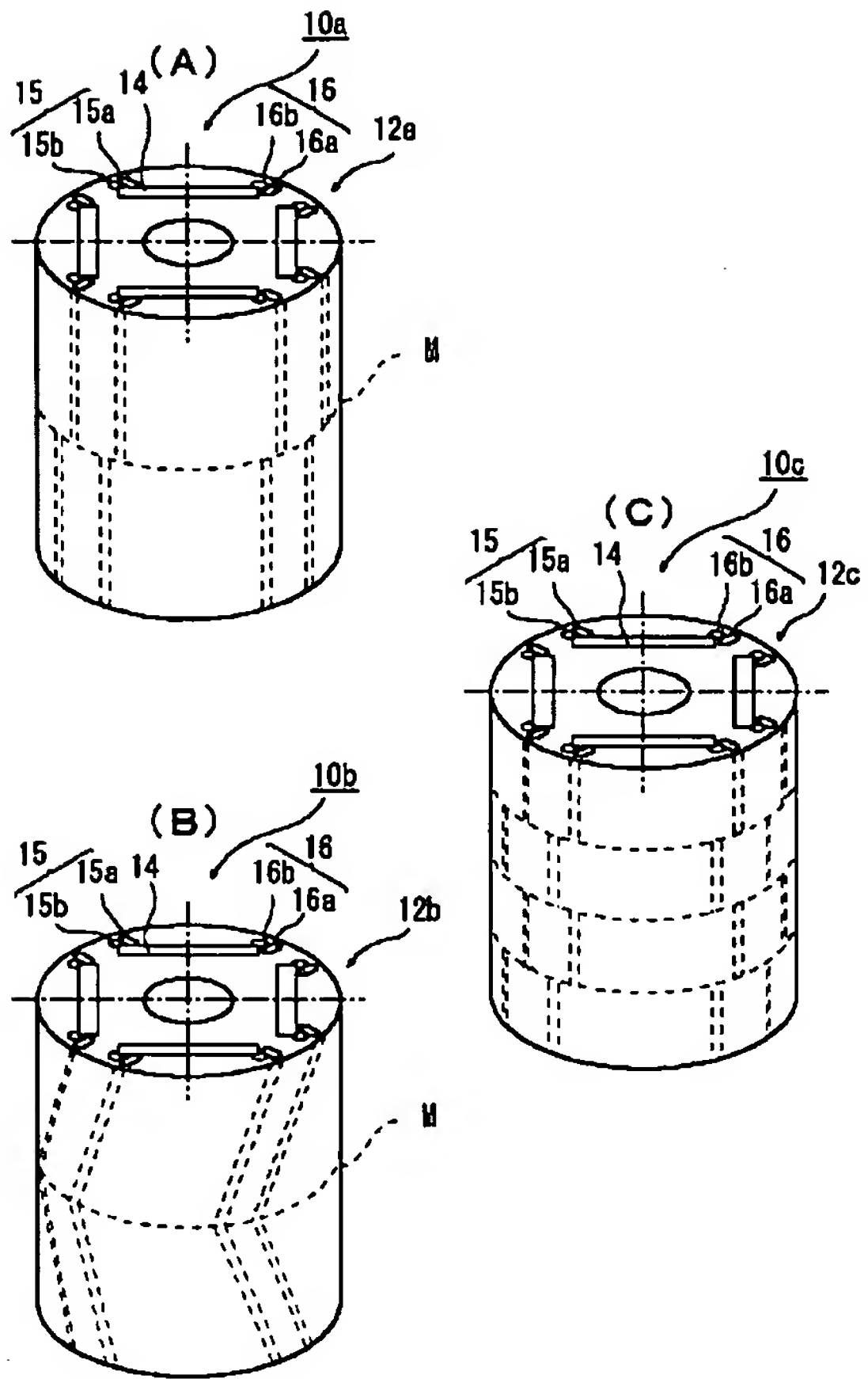
【図1】



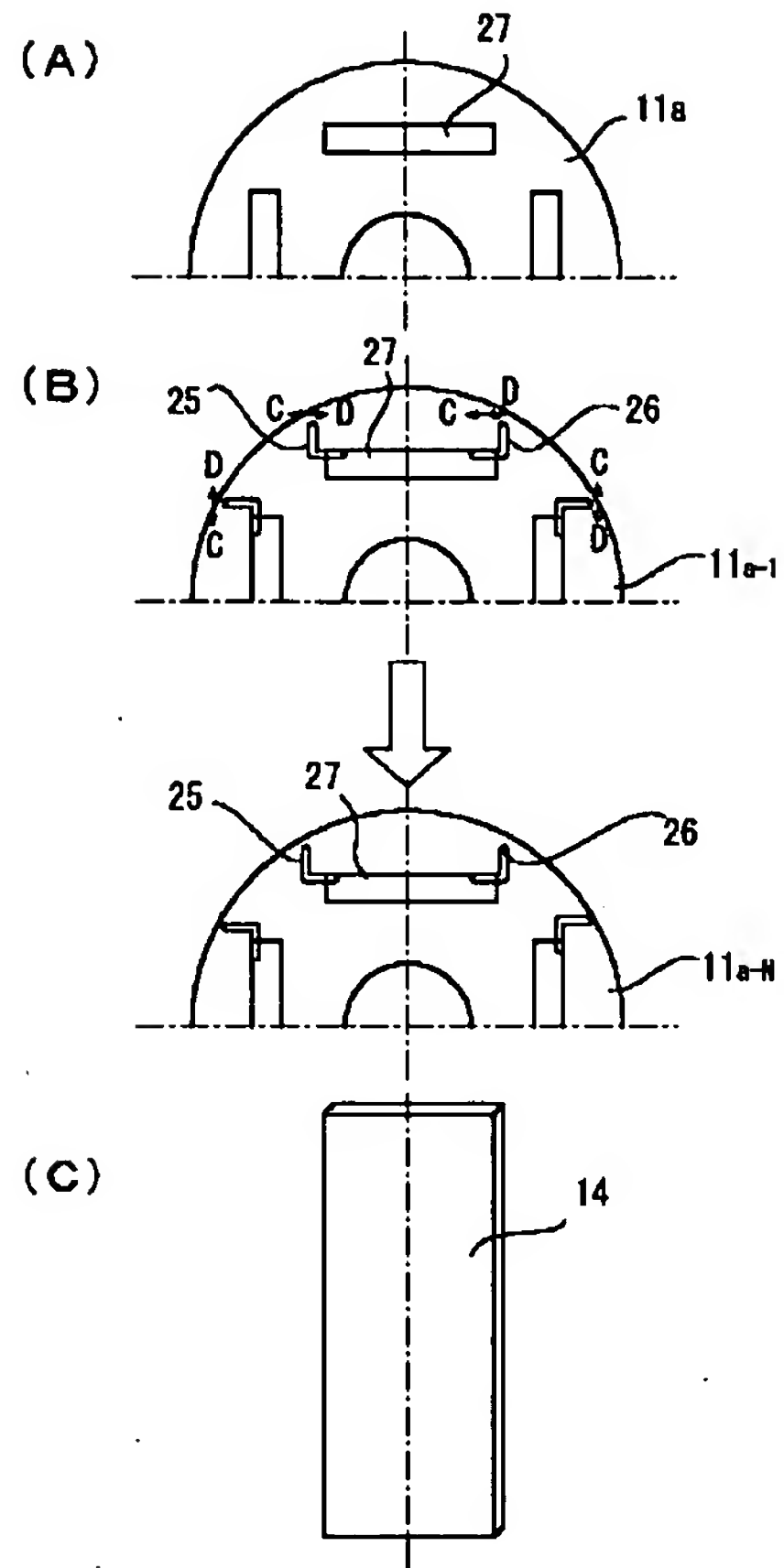
【図2】



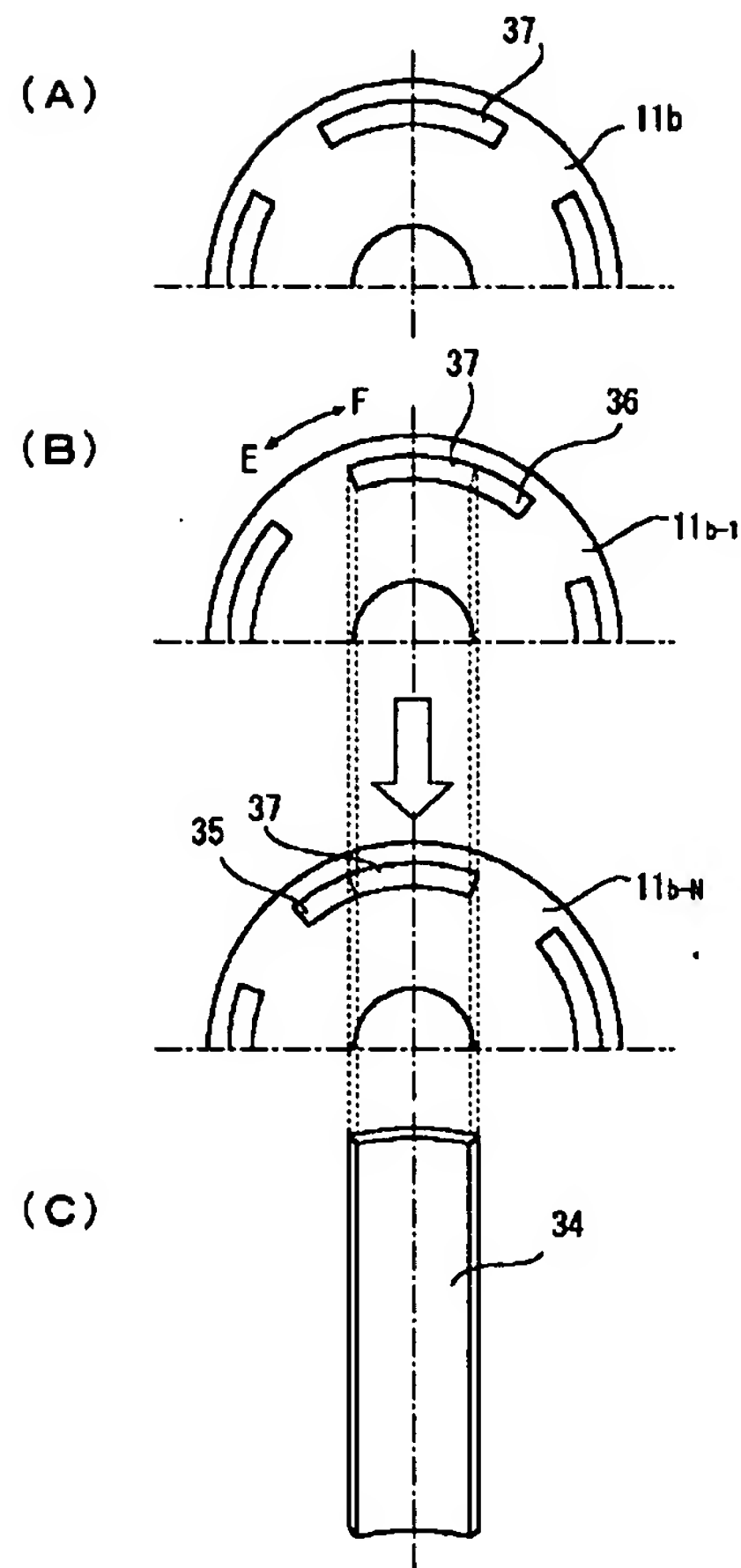
【图3】



【图4】



【図5】



フロントページの続き

(72)発明者 吉村 由佳
神奈川県横浜市神奈川区宝町2番地 日産
自動車株式会社内

Fターム(参考) 5H622 AA02 CA02 CA07 CA10 CA13
CB04 CB05 PP03 PP10 PP11
QB03